

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-179383

(43)Date of publication of application : 20.07.1993

(51)Int.Cl.

G22C 21/02

(21)Application number : 03-358556

(71)Applicant : HONDA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 27.12.1991

(72)Inventor : KOIKE SEIICHI
KUBOTA RYUICHI
MINEMI MASAHIKO
SHIOKAWA KENICHIRO**(54) ALUMINUM ALLOY HAVING FINE CRYSTALLIZED GRAIN MANUFACTURE BY SPRAY DEPOSITION METHOD****(57)Abstract:**

PURPOSE: To provide an aluminum alloy manufactured by a spray deposition method and having excellent mechanical strength (particularly, in tensile strength and toughness at a high temp.) because of the refining of crystallized grains.

CONSTITUTION: The objective aluminum alloy manufactured by a spray deposition method and having fine crystallized grains has a compsn constitute of, by weight, 3 to 35% Si, 0.2 to 5% Cu, 0.2 to 5% Mg and 0.0001 to 2% of at least one kind among Na, Sr, Ca, Sb and P and the balance substantially Al with inevitable impurities. Moreover, at least one kind among Zr, Fe, Mn, Cr, Ni, Co, W, Mo, V, Ce and Y and/or at least one kind of B and Ti may be incorporated therein.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

JPO and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] About the aluminium alloy which has the detailed crystallization particle manufactured by the spraying depositing method, since especially the crystallization particle is made detailed, this invention relates to the aluminium alloy which has high intensity quantity toughness.

[0002]

[Description of the Prior Art] From the former, the aluminium alloy is manufactured by casting, the forging method, powder-metallurgy processing, etc. Among these, casting is an approach of manufacturing an aluminium alloy member, by pouring into the mold of a desired configuration the molten metal of the aluminium alloy ingoted by the predetermined presentation. Moreover, the forging method manufactures an aluminium alloy member by training the cast aluminium alloy mechanically. By these approaches, since each is made to solidify the molten metal of an aluminium alloy within mold, there is a problem that a coagulation rate is slow and a fine crystal organization cannot be obtained, and there is also a problem that it is difficult to raise a mechanical strength by control of the addition of the upper alloy content.

[0003] Powder-metallurgy processing developed as what solves the trouble of such casting (the forging method) carries out the spray of the molten metal of an aluminium alloy which has a predetermined presentation from a nozzle with inert gas, forms detailed powder, and obtains the mold goods of an aluminium alloy by carrying out hot working of the powder to a predetermined configuration. Since this powder-metallurgy processing can manufacture the aluminium alloy which has a fine crystal organization, it is used for manufacture of the aluminum product of the various presentations which cannot be manufactured by casting or the forging method.

[0004] However, since it is fabricating in powder-metallurgy processing to the aluminium alloy member by reheating and carrying out hot working of it once forming the powder of an aluminium alloy, there is a problem that a manufacturing cost is high.

[0005] Under such a situation, manufacturing an aluminium alloy by the so-called spraying depositing method was proposed. By this spraying depositing method, the molten metal of the atomized aluminium alloy became a particle, accumulated and has obtained the aluminium alloy product by carrying out hot working of the acquired deposition object. Such a spraying depositing method is indicated by JP,60-36631,A, JP,2-258935,A, JP,3-2345,A, etc.

[0006] By the spraying depositing method, since the particle of the formed aluminium alloy is deposited before solidifying, and it serves as an one deposition object, there is an advantage that a manufacturing cost decreases. However, since the cooling rate is slow, there is a problem that a crystallization particle makes it big and rough. Therefore, the actual condition is that it is difficult to obtain the aluminium alloy which has a detailed crystallization particle by the spraying depositing method.

[0007] Therefore, the purpose of this invention is offering the aluminium alloy which has the mechanical strength (especially hot tensile strength and toughness) which was excellent since it manufactured by the spraying depositing method and the crystallization particle's had made it detailed.

[0008]

[Means for Solving the Problem] An example is taken by the above-mentioned purpose. Wholeheartedly as a result of research this invention person By adding at least one sort of Na, Sr,

calcium, Sb, and P as an element which has a detailed-ized operation of a crystallization particle in the aluminium alloy which uses Si, Cu, and Mg as an indispensable component It discovers that the eutectic Si crystallized to an in-house and a primary phase Si can be made to be able to make it detailed, it can have them, and a mechanical strength (especially tensile strength and toughness) can be improved. Furthermore, by adding combining suitably at least one sort of Zr, Fe, Mn, Cr, nickel, Co, W, Mo, V, Ce, and Y, and at least one sort of B and Ti It discovered that heat-resistant improvement and much more detailed-ization of the crystalline structure were obtained, and the improvement of a mechanical strength was obtained further as a result, and hit on an idea to this invention.

[0009] That is, it was manufactured by the spraying depositing method and the aluminium alloy which has the detailed crystallization particle of this invention is Si:3 – 35 % of the weight and Cu:0.2 – 5. It is characterized by having Na, Sr, calcium, Sb and weight %, Mg:0.2–5 % of the weight, and : [at least one sort of] 0.0001 – 2% of the weight of P, and the presentation that becomes a remainder real target from aluminum and an unescapable impurity.

[0010] The aluminium alloy which has the detailed crystallization particle of this invention may contain Zr, Fe, Mn, Cr, nickel, Co, W, Mo, V, Ce and : [at least one sort of] 0.5 – 13% of the weight of Y, and : [at least one sort of] 0.05 – 1% of the weight of B and Ti further.

[0011]

[Function] This invention is explained to a detail below.

[1] The presentation of an aluminium alloy [0012] (a) Si:three to 35% of the weight, although Si is a coefficient of thermal expansion and an element effective in improvement in a mechanical strength, if it is less than 3 % of the weight, those effectiveness cannot fully be demonstrated. On the other hand, if the content of Si exceeds 35 % of the weight, elongation will fall. The content of desirable Si is 5 – 12 % of the weight.

[0013] (b) Although Cu:0.2–5 % of the weight Cu is an element which has the operation which improves tensile strength, if it is less than 0.2 % of the weight, the effectiveness cannot fully be demonstrated. On the other hand, if the content of Cu exceeds 5 % of the weight, elongation and Charpy impact strength will come to fall. The desirable content of Cu is 1 – 3 % of the weight.

[0014] (c) Although Mg:0.2 – 5-% of the weight Mg is an element which has the operation which improves tensile strength, if it is less than 0.2 % of the weight, it cannot fully demonstrate the effectiveness. On the other hand, if the content of Mg exceeds 5 % of the weight, elongation and Charpy impact strength will fall and, as a result, fracture toughness will fall. The content of desirable Mg is 1.5 – 3 % of the weight.

[0015] (d) The first alloying element : the 0.0001 – 2-% of the weight first alloying element is at least one sort of Na, Sr, calcium, Sb, and P. Although these first alloying element has the operation which makes a crystallization particle detailed, if it is less than 0.0001 % of the weight, the effectiveness will not fully be acquired. On the other hand, if it exceeds 2 % of the weight, elongation and Charpy impact strength will fall and, as a result, fracture toughness will fall. The content of the first desirable alloying element is 0.001 – 0.05 % of the weight.

[0016] (e) Heat-resistant improvement element : the aluminium alloy of this invention contains at least one sort of Zr, Fe, Mn, Cr, nickel, Co, W, Mo, V, Ce, and Y as a heat-resistant improvement element 0.5 to 13% of the weight. Although these elements have the operation which improves the mechanical strength under an elevated temperature (about 200 degrees C or more), if it is less than 0.5 % of the weight, the effectiveness cannot fully be demonstrated. On the other hand, when it exceeds 13 % of the weight, the ductile fall of a base material will be caused. The content of a desirable heat-resistant improvement element is 3 – 7 % of the weight.

[0017] (f) Although B, Ti:0.05 – 1 % of the weight B, and/or Ti also have the operation as a grain-refining element, if it is less than 0.05 % of the weight, the effectiveness cannot fully be demonstrated and improvement in Charpy impact strength will not be obtained. On the other hand, if it exceeds 1 % of the weight, an aluminium alloy will stiffen and Charpy impact strength will also fall. The content of desirable B and/or Ti is 0.1 – 0.4 % of the weight.

[0018] (g) aluminum and an unescapable impurity : there are S, C, Pb, Be, etc. as a remainder unescapable impurity. The content of these unescapable impurities needs to be the purpose which prevents the fall of the mechanical strength of an aluminium alloy, and needs to be 0.03 or less % of the weight in total.

[0019] [2] Use the equipment which has the tundish for dissolving an aluminium alloy, the nozzle for

jet of the inert gas formed directly under the nozzle of a tundish, and the uptake deposition manual stage of an aluminium alloy particle in which said nozzle for jet was prepared caudad about 5–30cm in the spraying depositing method for manufacturing the aluminium alloy which has the detailed crystallization particle of spraying depositing method this invention. The inside of this equipment is set in an inert gas ambient atmosphere, and prevents oxidation of an aluminium alloy.

[0020] In order to enforce the spraying depositing method with such equipment, while emitting from a nozzle the aluminium alloy which dissolved at 600–1000 degrees C within the tundish first, inert gas is spouted from the nozzle [directly under] for jet at high speed. As inert gas, nitrogen gas, argon gas, gaseous helium, etc. are used. The molten metal made detailed by the inert gas of this high speed serves as an aluminium alloy particle, and is deposited on a downward uptake means about 5–30cm. The aluminium alloy particle obtained usually has the mean particle diameter of about 3 micrometers or less.

[0021] The deposited aluminium alloy particle is still in the temperature of about 500–700 degrees C, and is not solidified completely. Therefore, the aluminium alloy particle deposited continuously fixes and serves as an aluminium alloy deposition object. In this deposition body, an aluminium alloy particle is usually cooled at the rate of $1 - 103 \text{ }^{\circ}\text{C} / \text{second}$. Thus, by the spraying depositing method, since the cooling rate is larger than casting, the crystallization particle of detailed Si and detailed crystal grain are obtained. On the other hand, even if a cooling rate is slower than powder-metallurgy processing, if an inoculation element is contained in Zr, B and/or Ti, and a pan, it not only has sufficient mechanical strength, but it can attain detailed-ization of crystal grain. That is, formation of the big and rough particle of a needlelike Fe system sludge or Si can be prevented. In the aluminium alloy of this invention which has such a fine crystal organization, there is almost no sludge of the particle size exceeding 3 micrometers.

[0022] Thus, the acquired aluminium alloy deposition object carries out periphery processing if needed, and makes it preforming of a predetermined configuration. Subsequently, hot working is performed to this preforming. There are hot extrusion, swaging processing, etc. as hot working. In the case of hot extrusion, it carries out using the extruder which has the die of a predetermined opening configuration by extruding an aluminium alloy deposition object with the extrusion ratio (surface ratio expressing) of 7–25 in 400–500 degrees C. Moreover, in swaging processing, in 400–500 degrees C, it carries out with 50 – 80% of number of diameters in upset (a height ratio expresses) in a die.

[0023] To the aluminium alloy which carried out hot working, it usually heat-treats. There are T6 processing and T7 processing as heat treatment. T6 processing consists of carrying out solution treatment of the aluminium alloy at 430–540 degrees C for 1 to 50 hours, and subsequently performing aging treatment at 90–170 degrees C for 24 hours or more. Moreover, T7 processing adds 150–190-degree C aging treatment (5 – 20 hours) to T6 processing.

[0024] The following concrete examples explain this invention to a detail further.

[0025] The molten metal (temperature of +200 degrees C of liquidus lines in each presentation) of the aluminium alloy of the presentation shown in one to examples 1–7 and example of comparison 3 table 1 was atomized with the nitrogen gas (5kg/cm² of gas pressure) spouted from a nozzle with a diameter of 3.0mm, and it considered as aluminium alloy powder with a mean particle diameter of 40 micrometers, and was made to deposit on the uptake means in the spray distance of 150mm. Thus, periphery processing was performed to the acquired aluminium alloy deposition object, and preforming with a diameter [of 80mm] and a die length of 70mm was obtained.

[0026] This preforming was heated for 40 minutes at 450 degrees C, and hot extrusion was performed with the extrusion ratio 20. Subsequently, aging treatment of 24 hours was carried out by 470 degrees C as T6 processing at the solution treatment of 1.5 hours, hardening by underwater administration, and 130 degrees C. About each heat-treated aluminium alloy, an antifricition trial, measurement of a coefficient of thermal expansion, the tension test in a room temperature, the impact test (Charpy test), and the tension test in 200 degrees C were performed. A result is shown in Table 2. Moreover, the microphotography (1000 times) of the aluminium alloy of an example 3 and the example 2 of a comparison is shown in drawing 1 and 2, respectively.

[0027]

table 1 [] a chemical entity (% of the weight)

Example No. Si Cu Mg Sr Cr Fe Na Example 1 7 3.0 1.5 0.016 – – – 2 7 3.0 1.5 – – – 0.001 The example 1 of a comparison 73.0 1.5 — — 2 17 3.0 1.5 – 2.0 2.0 – Example 3 17 3.0 1.5– 2.0 2.0 – 4 17

3.0 1.5 -2.0 2.0 - 5 25 3.0 1.5 -2.0 — 6 25 3.0 1.5 - 2.0 — — 7 25 3.0 1.5 - 2.0 — — Example 3 of a comparison 25 3.0 1.5 - 2.0 — [0028]

表 1 (続き)

化学成分 (重量%)

| 例No. | Ni | Zr | P | Ti | B |
|------------|-----|-----|-------|------|------|
| <u>実施例</u> | | | | | |
| 1 | — | — | — | — | — |
| 2 | — | — | — | — | — |
| <u>比較例</u> | | | | | |
| 1 | — | — | — | — | — |
| 2 | 1.0 | — | — | — | — |
| <u>実施例</u> | | | | | |
| 3 | 1.0 | — | 0.003 | — | — |
| 4 | 1.0 | — | 0.001 | — | — |
| 5 | — | 0.5 | 0.001 | — | — |
| 6 | — | 0.5 | 0.001 | 0.05 | — |
| 7 | — | 0.5 | 0.001 | 0.05 | 0.01 |
| <u>比較例</u> | | | | | |
| 3 | — | 0.5 | — | — | — |

[0029]

table 2 [] The mechanical strength in a room temperature Example No. sigmaB (1) sigma0.2 (2) Elongation (3) Charpy (4) Example 1 32 29 8.0 2.0 2 32.5 29 8.5 2.5 The example of a comparison 1 31 28 6.2 1.22 42 36 0.5 0.4 Example 344 382.1 0.9 4 43 35 2.5 1.2 5 44 401.0 0.6 6 44 41 1.2 0.9 7 42 402.0 Example of 1.3 comparisons 3 43 400.3 0.3 [0030] (Note) : (1) Tensile strength (kgf/mm2).

(2) 0.2% proof stress (kgf/mm2).

(3) Elongation (%).

(4) Charpy impact value (kgfm/cm 2).

[0031] Also in any of tensile strength, proof stress, elongation, and impact strength, it turns out that the aluminium alloy of this invention is better than the aluminium alloy of the example of a comparison so that clearly from Table 2. Moreover, in the aluminium alloy of this invention, it turns out that the mechanical strength is improving as a heat-resistant improvement element and an inoculation element are added.

[0032] Moreover, it turns out that the aluminium alloy of the example 2 of a comparison which does not contain P from observation of drawing 1 and the microphotography of 2 to the aluminium alloy of the example 3 containing P having the average Si particle size of 2.0 micrometers has the average Si particle size of 3.4 micrometers. Thus, detailed-ization of a crystallization particle is obtained by adding the first alloying element (at least one sort of Na, Sr, calcium, Sb, and P).

[0033]

[Effect of the Invention] Si, Cu, and Mg to the aluminium alloy used as an indispensable component as explained in full detail above at least one sort of Na, Sr, calcium, Sb, and P — adding — further — the need — responding — a heat-resistant improvement element (Zr —) By adding combining B and/or Ti in at least one sort of Fe, Mn, Cr, nickel, Co, W, Mo, V, Ce, and Y, and a list, a crystallization particle makes it detailed and, as a result, improvement in a mechanical strength is obtained. The aluminium alloy of such this invention can be used for various kinds of machine parts including autoparts as which lightweight-izing and a high mechanical strength are required, such as a connecting rod and a bulb, building materials, structure material, etc.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It sets to the aluminium alloy which has the detailed crystallization particle manufactured by the spraying depositing method, and is Si:3 -35 % of the weight and Cu:0.2 -5. Aluminium alloy characterized by having Na, Sr, calcium, Sb and weight %, Mg:0.2-5 % of the weight, and : [at least one sort of] 0.0001 - 2% of the weight of P, and the presentation that becomes a remainder real target from aluminum and an unescapable impurity.

[Claim 2] The aluminium alloy characterized by containing Zr, Fe, Mn, Cr, nickel, Co, W, Mo, V, Ce, and : [at least one sort of] 0.5 - 13% of the weight of Y further in the aluminium alloy which has a detailed crystallization particle according to claim 1.

[Claim 3] The aluminium alloy characterized by containing B and : [at least one sort of] 0.05 - 1% of the weight of Ti further in the aluminium alloy which has a detailed crystallization particle according to claim 1 or 2.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is a microphotography (1000 times) showing the metal texture of the aluminium alloy of an example 3.

[Drawing 2] It is a microphotography (1000 times) showing the metal texture of the aluminium alloy of the example 2 of a comparison.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

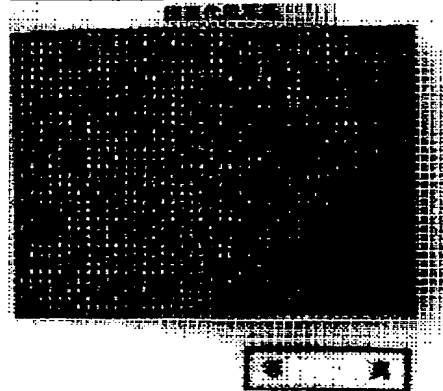
1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.*** shows the word which can not be translated.

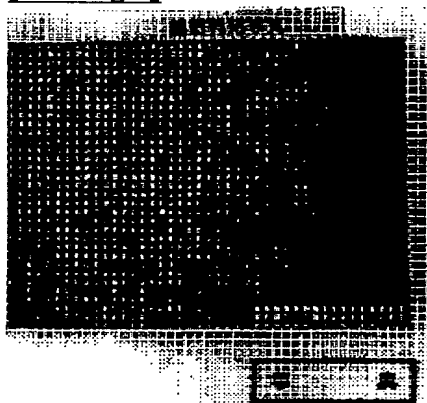
3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

[Drawing 1]



[Drawing 2]



[Translation done.]

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-179383

(43)公開日 平成5年(1993)7月20日

(51)Int.Cl.³

C 2 2 C 21/02

識別記号

庁内整理番号

8928-4K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数3(全 6 頁)

(21)出願番号 特願平3-358556

(22)出願日 平成3年(1991)12月27日

(71)出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72)発明者 小池 精一

埼玉県和光市中央一丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内

(72)発明者 窪田 隆一

埼玉県和光市中央一丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内

(72)発明者 峰見 正彦

埼玉県和光市中央一丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内

(74)代理人 弁理士 高石 橋馬

最終頁に続く

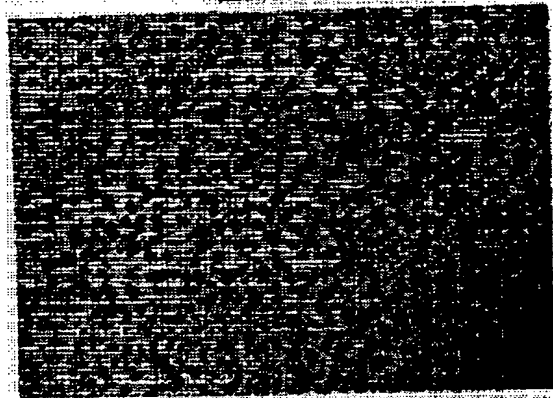
(54)【発明の名称】 噴霧堆積法により製造された微細晶出粒子を有するアルミニウム合金

(57)【要約】

【目的】 噴霧堆積法により製造し、晶出粒子が微細化しているために優れた機械的強度（特に高温における引張強度及び靱性）を有するアルミニウム合金を提供する。

【構成】 噴霧堆積法により製造された微細晶出粒子を有するアルミニウム合金であって、Si:3~35重量%と、Cu:0.2~5重量%と、Mg:0.2~5重量%と、Na、Sr、Ca、Sb及びPの少なくとも1種:0.0001~2重量%と、残部実質的にAl及び不可避免的不純物からなる組成を有する。さらにZr、Fe、Mn、Cr、Ni、Co、W、Mo、V、Ce及びYの少なくとも1種、及び/又はB及びTiの少なくとも1種を含有してもよい。

図面代用写真



写真

【特許請求の範囲】

【請求項1】 噴霧堆積法により製造された微細晶出粒子を有するアルミニウム合金において、Si:3～35重量%と、Cu:0.2～5重量%と、Mg:0.2～5重量%と、Na、Sr、Ca、Sb及びPの少なくとも1種:0.0001～2重量%と、残部実質的にAl及び不可避免の不純物からなる組成を有することを特徴とするアルミニウム合金。

【請求項2】 請求項1に記載の微細晶出粒子を有するアルミニウム合金において、さらにZr、Fe、Mn、Cr、Ni、Co、W、Mo、V、Ce及びYの少なくとも1種:0.5～13重量%を含有することを特徴とするアルミニウム合金。

【請求項3】 請求項1又は2に記載の微細晶出粒子を有するアルミニウム合金において、さらにB及びTiの少なくとも1種:0.05～1重量%を含有することを特徴とするアルミニウム合金。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、噴霧堆積法により製造された微細晶出粒子を有するアルミニウム合金に関し、特に晶出粒子が微細化されているために高強度高靱性を有するアルミニウム合金に関する。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】従来から、アルミニウム合金は鋳造法、鍛造法、粉末冶金法等により製造されている。このうち、鋳造法は、所定の組成に溶製されたアルミニウム合金の溶湯を所望の形状の鋳型に注入することにより、アルミニウム合金部材を製造する方法である。また鍛造法は、鋳造されたアルミニウム合金を機械的に鍛練することによりアルミニウム合金部材を製造するものである。これらの方法では、いずれもアルミニウム合金の溶湯を鋳型内で凝固させるので、凝固速度が遅く、微細結晶組織を得ることができないという問題があり、その上合金成分の添加量のコントロールにより機械的強度を向上させるのが難しいという問題もある。

【0003】このような鋳造法（鍛造法）の問題点を解決するものとして開発された粉末冶金法は、所定の組成を有するアルミニウム合金の溶湯を不活性ガスとともにノズルからスプレーして、微細な粉末を形成し、その粉末を所定の形状に熱間加工することによりアルミニウム合金の成形品を得るものである。この粉末冶金法は、微細結晶組織を有するアルミニウム合金を製造することができるので、鋳造法や鍛造法では製造できない種々の組成のアルミニウム製品の製造に利用されている。

【0004】しかしながら、粉末冶金法ではいったんアルミニウム合金の粉末を形成した後で、それを再加熱して熱間加工することによりアルミニウム合金部材に成形しているので、製造コストが高いという問題がある。

【0005】このような事情下で、いわゆる噴霧堆積法によりアルミニウム合金を製造することが提案された。この噴霧堆積法では、アトマイズされたアルミニウム合金の溶湯は微粒子となって堆積し、得られた堆積体を熱間加工することにより、アルミニウム合金製品を得ている。このような噴霧堆積法は、例えば特開昭60-36631号、特開平2-258935号、特開平3-2345号等に記載されている。

【0006】噴霧堆積法では、形成されたアルミニウム合金の微粒子は固化する前に堆積して一体的な堆積体となるので、製造コストが低減するという利点がある。しかし、冷却速度が遅いので、晶出粒子が粗大化するという問題がある。そのため、噴霧堆積法により微細晶出粒子を有するアルミニウム合金を得るのは困難であるのが実情である。

【0007】したがって、本発明の目的は、噴霧堆積法により製造し、晶出粒子が微細化しているために優れた機械的強度（特に高温における引張強度及び靱性）を有するアルミニウム合金を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的に鑑み鋭意研究の結果、本発明者は、Si、Cu及びMgを必須成分とするアルミニウム合金に、晶出粒子の微細化作用を有する元素として、Na、Sr、Ca、Sb及びPの少なくとも1種を添加することにより、組織内に晶出する共晶Si及び初晶Siを微細化させ、もって機械的強度（特に引張強度及び靱性）を改善することができることを発見し、またさらにZr、Fe、Mn、Cr、Ni、Co、W、Mo、V、Ce及びYの少なくとも1種や、B及びTiの少なくとも1種を、適宜組み合わせることで、耐熱性の向上や結晶組織の一層の微細化が得られ、その結果機械的強度の改善がさらに得られることを発見し、本発明に想到した。

【0009】すなわち、本発明の微細晶出粒子を有するアルミニウム合金は、噴霧堆積法により製造されたもので、Si:3～35重量%と、Cu:0.2～5重量%と、Mg:0.2～5重量%と、Na、Sr、Ca、Sb及びPの少なくとも1種:0.0001～2重量%と、残部実質的にAl及び不可避免の不純物からなる組成を有することを特徴とする。

【0010】本発明の微細晶出粒子を有するアルミニウム合金は、さらにZr、Fe、Mn、Cr、Ni、Co、W、Mo、V、Ce及びYの少なくとも1種:0.5～13重量%、及び／又はB及びTiの少なくとも1種:0.05～1重量%を含有してもよい。

【0011】

【作用】以下本発明を詳細に説明する。

〔1〕アルミニウム合金の組成

【0012】（a）Si:3～35重量%

Siは熱膨張係数及び機械的強度の向上に有効な元素で

あるが、3重量%未満だとそれらの効果を十分に発揮することができない。一方、Siの含有量が35重量%を超えると、伸びが低下する。好ましいSiの含有量は5~12重量%である。

【0013】(b) Cu: 0.2~5重量%

Cuは引張強度を向上する作用を有する元素であるが、0.2重量%未満だとその効果を十分に発揮することができない。一方、Cuの含有量が5重量%を超えると、伸びやシャルピー衝撃強度が低下するようになる。好ましいCuの含有量は1~3重量%である。

【0014】(c) Mg: 0.2~5重量%

Mgは引張強度を向上する作用を有する元素であるが、0.2重量%未満だとその効果を十分に発揮することができない。一方、Mgの含有量が5重量%を超えると、伸びやシャルピー衝撃強度が低下し、その結果破壊靱性が低下する。好ましいMgの含有量は1.5~3重量%である。

【0015】(d) 第一添加元素: 0.0001~2重量%

第一添加元素は、Na、Sr、Ca、Sb及びPの少なくとも1種である。これらの第一添加元素は晶出粒子を微細化する作用を有するが、0.0001重量%未満だとその効果が十分に得られない。一方、2重量%を超えると、伸びやシャルピー衝撃強度が低下し、その結果破壊靱性が低下する。好ましい第一添加元素の含有量は0.001~0.05重量%である。

【0016】(e) 耐熱性向上元素: 0.5~13重量%

本発明のアルミニウム合金は、耐熱性向上元素として、Zr、Fe、Mn、Cr、Ni、Co、W、Mo、V、Ce及びYの少なくとも1種を含有する。これらの元素は高温下(約200℃以上)での機械的強度を向上する作用を有するが、0.5重量%未満だとその効果を十分に発揮することができない。一方、13重量%を超えると、基材の延性の低下を招くこととなる。好ましい耐熱性向上元素の含有量は3~7重量%である。

【0017】(f) B及び/又はTi: 0.05~1重量%

B及び/又はTiも結晶粒微細化元素としての作用を有するが、0.05重量%未満だとその効果を十分に発揮することができず、シャルピー衝撃強度の向上が得られない。一方、1重量%を超えると、アルミニウム合金は脆化し、シャルピー衝撃強度も低下する。好ましいB及び/又はTiの含有量は0.1~0.4重量%である。

【0018】(g) Al及び不可避的不純物: 残部
不可避的不純物としては、S、C、Pb、Be等がある。これらの不可避的不純物の含有量は、アルミニウム合金の機械的強度の低下を防止する目的で、合計で0.03重量%以下である必要がある。

【0019】〔2〕噴霧堆積法

本発明の微細晶出粒子を有するアルミニウム合金を製造する噴霧堆積法においては、アルミニウム合金を溶解するためのタンディシュと、タンディシュのノズルの直下に設けられた不活性ガスの噴出用ノズルと、前記噴出用ノズルの5~30cm程度下方に設けられたアルミニウム合金微粒子の捕集堆積用手段とを有する装置を使用する。この装置内は不活性ガス雰囲気におき、アルミニウム合金の酸化を防止する。

【0020】このような装置により噴霧堆積法を実施するには、まずタンディシュ内で600~1000℃で溶解したアルミニウム合金をノズルから放出するとともに、直下の噴出用ノズルから不活性ガスを高速で噴出する。不活性ガスとしては、窒素ガス、アルゴンガス、ヘリウムガス等を使用する。この高速の不活性ガスにより微細化された溶湯はアルミニウム合金微粒子となって、5~30cm程度下方の捕集手段上に堆積する。得られるアルミニウム合金微粒子は通常約3μm以下の平均粒径を有する。

【0021】堆積したアルミニウム合金微粒子はまだ500~700℃程度の温度にあり、完全に固化していない。そのため、連続的に堆積するアルミニウム合金微粒子は固着し、アルミニウム合金堆積体となる。この堆積体内では、アルミニウム合金微粒子は通常1~10³℃/秒の速度で冷却する。このように、噴霧堆積法では鋳造法よりも冷却速度が大きいので、微細なSiの晶出粒子、ならびに微細な結晶粒が得られる。一方、粉末冶金法より冷却速度が遅くても、十分な機械的強度を有するのみならず、Zrや、B及び/又はTi、さらに接種元素を含有すれば、結晶粒の微細化を達成することができる。すなわち、針状Fe系析出物やSiの粗大粒子の形成を防止することができる。このような微細結晶組織を有する本発明のアルミニウム合金においては、3μmを超える粒径の析出物はほとんどない。

【0022】このようにして得られたアルミニウム合金堆積体は、必要に応じて外周加工をして、所定の形状のプリフォームとする。次いで、このプリフォームに熱間加工を施す。熱間加工としては、熱間押出、すえ込み加工等がある。熱間押出の場合、所定の開口形状のダイを有する押出機を用いて、アルミニウム合金堆積体を400~500℃において、7~25の押出比(面積比により表す)で押出すことにより行う。またすえ込み加工の場合、ダイ中で400~500℃において、50~80%のすえ込み比(高さ比により表す)で行う。

【0023】熱間加工したアルミニウム合金には通常熱処理を施す。熱処理としては、T6処理及びT7処理がある。T6処理は、アルミニウム合金を430~540℃で1~50時間溶体化処理し、次いで90~170℃で24時間以上時効処理を行うことからなる。また、T7処理は、T6処理に150~190℃での時効処理(5~20時間)を追加したものである。

【0024】本発明を以下の具体的実施例によりさらに詳細に説明する。

【0025】実施例1～7、比較例1～3

表1に示す組成のアルミニウム合金の溶湯（各組成における液相線+200℃の温度）を、直径3.0mmのノズルから噴出する窒素ガス（ガス圧5kg/cm²）により噴霧化し、平均粒径40μmのアルミニウム合金粉末とし、150mmのスプレー距離にある捕集手段上に堆積させた。このようにして得られたアルミニウム合金堆積体に外周加工を施して、直径80mm、長さ70mmのプリフォームを得た。

【0026】このプリフォームを450℃に40分間加熱し、押出比20で熱間押出を行った。次いで、T6処理として、470℃で1.5時間の溶体化処理、水中投与による焼入、及び130℃で24時間の時効処理をした。熱処理した各アルミニウム合金について、耐摩耗試験、熱膨張係数の測定、室温における引張試験及び衝撃試験（シャルピー試験）、及び200℃における引張試験を行った。結果を表2に示す。また、実施例3及び比較例2のアルミニウム合金の顕微鏡写真（1000倍）をそれぞれ図1及び2に示す。

【0027】

表1

化学成分（重量%）

| 例No. | Si | Cu | Mg | Sr | Cr | Fe | Na |
|------------|----|-----|-----|-------|-----|-----|-------|
| <u>実施例</u> | | | | | | | |
| 1 | 7 | 3.0 | 1.5 | 0.016 | — | — | — |
| 2 | 7 | 3.0 | 1.5 | — | — | — | 0.001 |
| <u>比較例</u> | | | | | | | |
| 1 | 7 | 3.0 | 1.5 | — | — | — | — |
| 2 | 17 | 3.0 | 1.5 | — | 2.0 | 2.0 | — |
| <u>実施例</u> | | | | | | | |
| 3 | 17 | 3.0 | 1.5 | — | 2.0 | 2.0 | — |
| 4 | 17 | 3.0 | 1.5 | — | 2.0 | 2.0 | — |
| 5 | 25 | 3.0 | 1.5 | — | 2.0 | — | — |
| 6 | 25 | 3.0 | 1.5 | — | 2.0 | — | — |
| 7 | 25 | 3.0 | 1.5 | — | 2.0 | — | — |
| <u>比較例</u> | | | | | | | |
| 3 | 25 | 3.0 | 1.5 | — | 2.0 | — | — |

【0028】

表1（続き）

化学成分（重量%）

| 例No. | Ni | Zr | P | Ti | B |
|------------|-----|-----|-------|------|------|
| <u>実施例</u> | | | | | |
| 1 | — | — | — | — | — |
| 2 | — | — | — | — | — |
| <u>比較例</u> | | | | | |
| 1 | — | — | — | — | — |
| 2 | 1.0 | — | — | — | — |
| <u>実施例</u> | | | | | |
| 3 | 1.0 | — | 0.003 | — | — |
| 4 | 1.0 | — | 0.001 | — | — |
| 5 | — | 0.5 | 0.001 | — | — |
| 6 | — | 0.5 | 0.001 | 0.05 | — |
| 7 | — | 0.5 | 0.001 | 0.05 | 0.01 |
| <u>比較例</u> | | | | | |
| 3 | — | 0.5 | — | — | — |

【0029】

表2

室温における機械的強度

| 例No. | σ_B ⁽¹⁾ | $\sigma_{0.2}$ ⁽²⁾ | 伸び ⁽³⁾ | シャルピー ⁽⁴⁾ |
|------|---------------------------|-------------------------------|-------------------|----------------------|
|------|---------------------------|-------------------------------|-------------------|----------------------|

| | | | | |
|------------|------|----|-----|-----|
| 7 | | | | |
| <u>実施例</u> | | | | |
| 1 | 32 | 29 | 8.0 | 2.0 |
| 2 | 32.5 | 29 | 8.5 | 2.5 |
| <u>比較例</u> | | | | |
| 1 | 31 | 28 | 6.2 | 1.2 |
| 2 | 42 | 36 | 0.5 | 0.4 |
| <u>実施例</u> | | | | |
| 3 | 44 | 38 | 2.1 | 0.9 |
| 4 | 43 | 35 | 2.5 | 1.2 |
| 5 | 44 | 40 | 1.0 | 0.6 |
| 6 | 44 | 41 | 1.2 | 0.9 |
| 7 | 42 | 40 | 2.0 | 1.3 |
| <u>比較例</u> | | | | |
| 3 | 43 | 40 | 0.3 | 0.3 |

【0030】(注)：(1) 引張強度 (kgf/mm²)。

(2) 0.2%耐力 (kgf/mm²)。

(3) 伸び (%)。

(4) シャルピー衝撃値 (kgf/cm²)。

【0031】表2から明らかなように、本発明のアルミニウム合金は引張強度、耐力、伸び及び衝撃強度のいずれにおいても、比較例のアルミニウム合金より良好であることがわかる。また本発明のアルミニウム合金において、耐熱性向上元素及び接種元素が添加されるに従って、機械的強度が向上していることがわかる。

【0032】また、図1及び2の顕微鏡写真の観察から、Pを含有する実施例3のアルミニウム合金は2.0 μmの平均Si粒径を有するのに対して、Pを含有しない比較例2のアルミニウム合金は3.4 μmの平均Si粒径を有することがわかる。このように、第一添加元素 (Na、Sr、Ca、Sb及びPの少なくとも1種) を添加することにより、晶出粒子の微細化が得られる。

【0033】

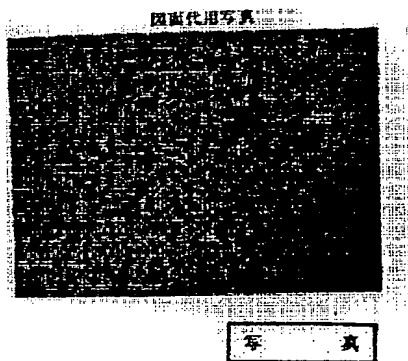
【発明の効果】以上詳述した通り、Si、Cu、Mgを必須成分とするアルミニウム合金に、Na、Sr、Ca、Sb及びPの少なくとも1種を添加し、さらに必要に応じて耐熱性向上元素 (Zr、Fe、Mn、Cr、Ni、Co、W、Mo、V、Ce及びYの少なくとも1種)、並びにB及び/又はTiを組み合わせることで、晶出粒子が微細化し、その結果機械的強度の向上が得られる。このような本発明のアルミニウム合金は、軽量化と高い機械的強度が要求されるコンロッド、バルブ等の自動車部品を始めとして、各種の機械部品、建材、構造材等に使用することができる。

【図面の簡単な説明】

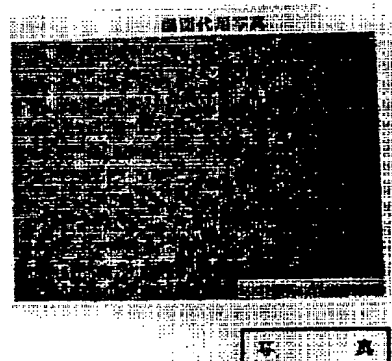
【図1】実施例3のアルミニウム合金の金属組織を表す顕微鏡写真 (1000倍) である。

【図2】比較例2のアルミニウム合金の金属組織を表す顕微鏡写真 (1000倍) である。

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 塩川 健一郎
埼玉県和光市中央一丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内